

AUTOMATIC BRAKE DEVICE

Publication number: JP2000108866 (A)

Also published as:

Publication date: 2000-04-18

 JP3537027 (B2)

Inventor(s): LOEWY GAUDI; SCOTT ANDREWS

Applicant(s): AISIN SEIKI; TOYOTA MOTOR CORP

Classification:

- international: B60R21/00; B60T7/12; B60T8/32; B60W30/00; B60R21/00; B60T7/12; B60T8/32; B60W30/00; (IPC1-7): B60T8/32; B60R21/00; B60T7/12

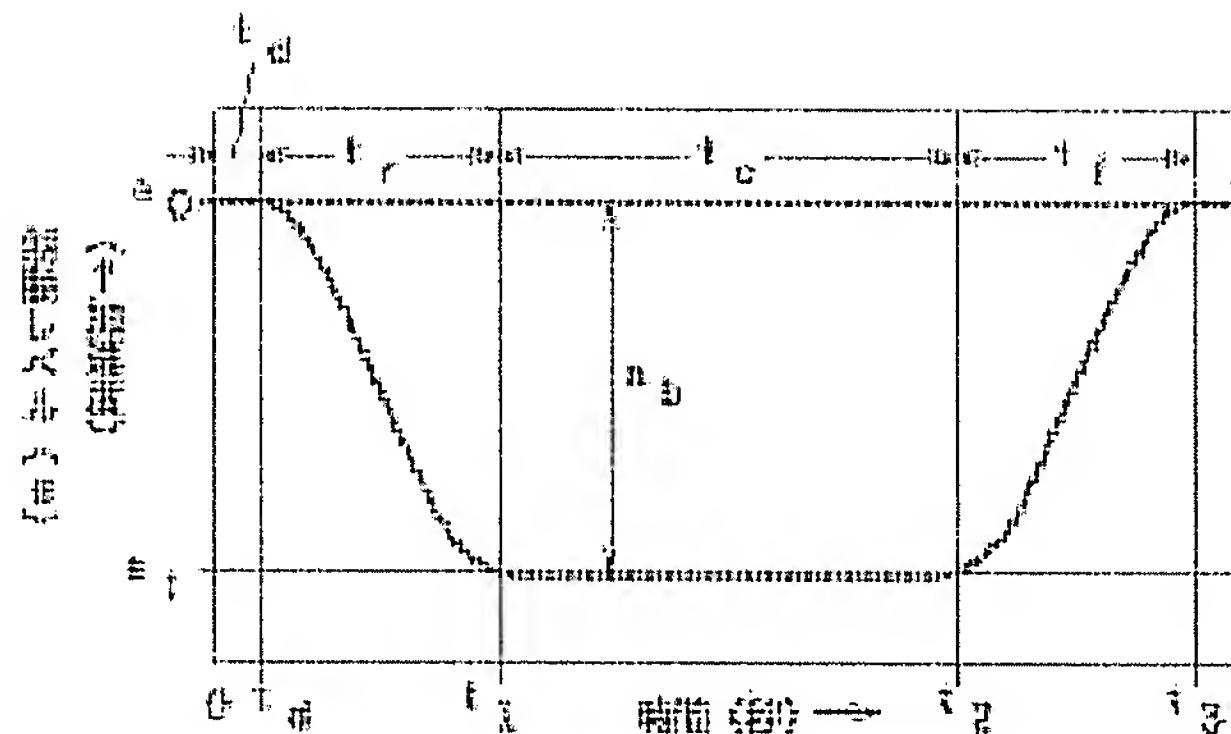
- European:

Application number: JP19980285168 19981007

Priority number(s): JP19980285168 19981007

Abstract of JP 2000108866 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a braking profile suited to a human feeling when braking is applied to place a target distance from an obstacle ahead and set an identical speed. **SOLUTION:** An automatic brake device is provided with a profile computing means for computing a braking profile shown in the drawing, which has a distribution of a wheel braking level at required for a series of a relative distance x_0 between a vehicle and an obstacle ahead, its target value x_f , a relative speed V_0 , a braking start delay time $t_{3,3}$ require for setting a relative distance corresponding to the target value V and relative acceleration a_0 equal to the target value X_f or higher and a relative speed equal to the target value v_f or lower, a braking level increasing time t_r , a fixed level holding time t_c and a reducing time t_f ; and a means for controlling a wheel brake according to the braking profile. The wheel baking level at is set to one of $a_{max}/4$, $a_{max}/2$, $3a_{max}$ and a_{max} , and the total quantity of braking is adjusted by the holding time t_c for maintaining at.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-108866

(P 2 0 0 0 - 1 0 8 8 6 6 A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000.4.18)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

B60T 8/32

B60T 8/32

3D046

B60R 21/00

7/12

C

B60T 7/12

B60R 21/00

627

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全21頁)

(21) 出願番号 特願平10-285168

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(22) 出願日 平成10年10月7日 (1998.10.7)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 ローイ ガウディ

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

(74) 代理人 100076967

弁理士 杉信 興

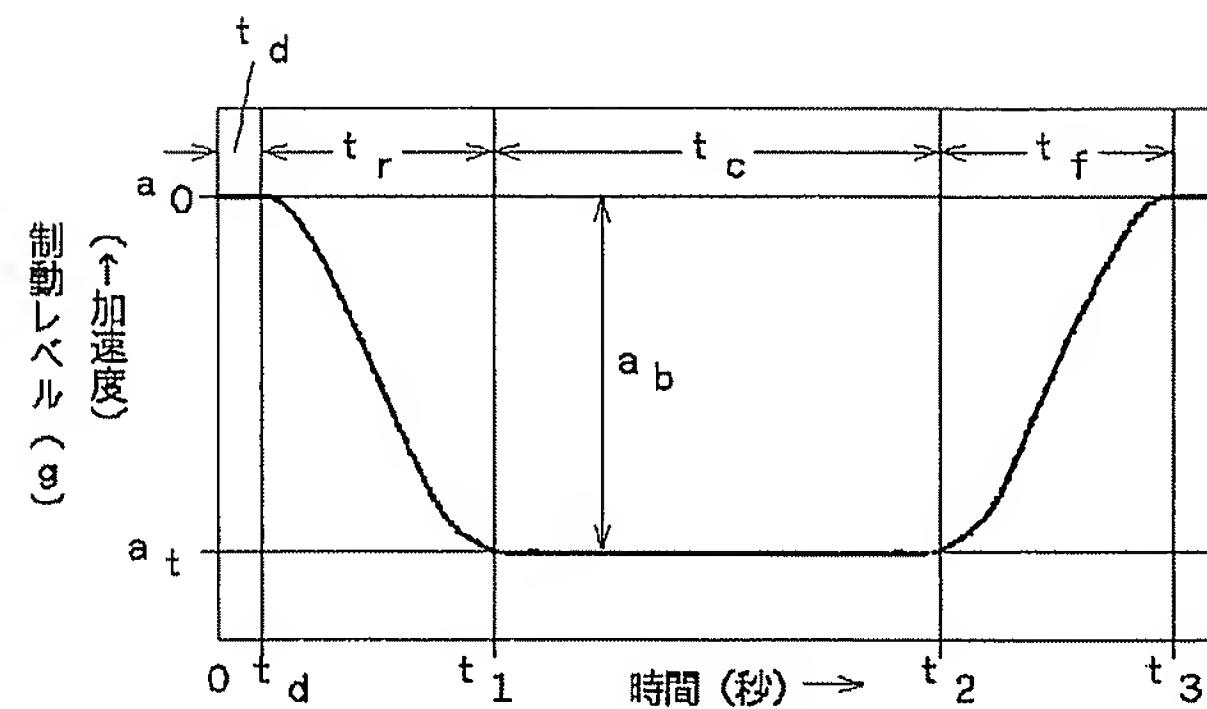
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】自動制動装置

(57) 【要約】

【課題】 前方障害物に対して目標距離を置きかつ同速度にするために制動するとき、人間のフィーリングに合った制動プロファイルを実現する。

【解決手段】 車両と前方障害物との、相対距離 x_0 、その目標値 x_f 、相対速度 v_0 、その目標値 v_f および相対加速度 a_0 に対応した、相対距離を目標値 x_f 以上としつつ相対速度を目標値 v_f 以下とするに所要の、制動開始遅延時間 t_d 、制動レベル増強期間 t_r 、定レベル保持期間 t_c および低減期間 t_f の連なりに対する車輪制動レベル a_t の分布である図7の制動プロファイル、を算定するプロファイル演算手段10；および、制動プロファイルに従って車輪ブレーキ30、51～54を制御する手段10；を備える。車輪制動レベル a_t は、 $a_{max}/4$ 、 $a_{max}/2$ 、 $3a_{max}/4$ 、 a_{max} の1つに定め、制動総量は a_t を維持する保持期間 t_c で調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】車両とその前方の物体との相対距離 x_r および相対速度 v_r を含む走行状態から次の走行状態として相対距離が目標値 x_{r*} 、相対速度が目標値 v_{r*} とするに必要な、車輪制動レベル増強時間 t_r 、定レベル保持時間 t_{r*} および低減時間 t_{r*} をこの順に含む各時間の連なりに対する車輪制動レベルの分布でなる制動プロファイル、を算定するプロファイル演算手段；および、該制動プロファイルに従って前記車両の制動手段を制御する制動制御手段；を備える自動制動装置。

【請求項 2】前記プロファイル演算手段は、定レベル保持時間 t_{r*} に定める定レベル a_r を、前記車両の自動制動が可能な制動レベル領域を数段階に区分する複数の制動レベルの 1 つに定め、定めた制動レベルに応じて各時間長を定める、請求項 1 記載の自動制動装置。

【請求項 3】前記プロファイル演算手段は、車輪制動レベルをピーク値まで上げる車輪制動レベル増強時間および該ピーク値から零に戻す低減時間を標準値に定めて、前記走行状態情報に対応した、相対距離が目標値 x_{r*} となるとき相対速度を目標値 v_{r*} とするに所要の、上記ピーク値を算出し、前記複数の制動レベルの中の、前記ピーク値に直近かつ低レベル側の制動レベルを、前記定レベル保持時間 t_{r*} の車輪制動レベル a_r に定め、該制動レベル a_r に立上げそれから立下げる車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_{r*} ならびに定レベル保持時間 t_{r*} を算出する、請求項 2 記載の自動制動装置。

【請求項 4】制動プロファイルは、それを算定する時点から前記車輪制動レベル増強時間 t_r の開始までの、実質上制動を加えない制動遅延期間 t_d を含む、請求項 1, 2 又は 3 記載の自動制動装置。

【請求項 5】前記プロファイル演算手段は、前記車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_{r*} に、前記車両の乗員の快適を損わないために予め定めた値を与えて定レベル保持時間 t_{r*} の車輪制動レベル a_r を算出し、算出した車輪制動レベル a_r で相対距離の目標値 x_{r*} 、相対速度の目標値 v_{r*} が得られないときには、前記車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_{r*} の少くとも一方を、相対距離の目標値 x_{r*} 、相対速度の目標値 v_{r*} が得られる値とする、請求項 1 記載の自動制動装置。

【請求項 6】前記プロファイル演算手段は、請求項 5 で求めた有効な車輪制動レベル a_r 、車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_{r*} において、相対距離が目標値 x_{r*} となるとき相対速度を目標値 v_{r*} とするに所要の、定レベル保持時間 t_{r*} を、前記制動プロファイルに設定する、請求項 5 記載の自動制動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両前方の静止物体又は走行中の先行車両（以下これらを障害物と称す）への過接近を回避のための自動制動に関し、特に、これ

10

20

30

40

50

に限定する意図ではないが、車上において前方を自動監視して、自車両の走行レーン上前方の障害物を検出すると、乗員の快適性を極力損なわず過接近を極力回避するように、車輪ブレーキの自動ブレーキングにて自動減速を行なう、コンピュータによる自動制動に関する。

【0002】この自動制動は、障害物が静止物体のときには、該物体に過接近するまでに自車両を自動停止させる自動停止制御であり、障害物が走行中の先行車両であるときは、先行車両への過接近を回避するための自動減速制御である。

【0003】

【従来の技術】特開平7-32995号公報に開示された自動制動装置は、脈拍センサを用いて運転者が運転不可状態にあるか否かを判定し、かつ、前方監視装置にて前方に障害物があるかを監視して、運転者が運転不可状態となっているとき前方障害物を検出すると、衝突の可能性を判定し、それが高いと大きく、低いと小さく目標減速度を定めて、車両減速度が該目標減速度に合致するように車輪ブレーキ圧を制御し、車両が停止するまでこの自動減速を行なう。

【0004】特開平9-249103号公報に開示された自動制動装置は、前方障害物までの距離および相対速度を検出し、それらに基づいて、前方障害物までの距離を一定に保持して追従するための加速度（具体的には、負値すなわち減速度）を求めて、それに、自動変速装置によるクリープ走行を抑止する補正分（具体的には、負値の減速度）を加えた目標値を算出し、車両加速度（負値の減速度）が該目標値に合致するように車輪ブレーキ圧を制御する。

【0005】自動制動には、これら、車輪制動によって車両速度を減速しようとするもの他に、前後左右車輪ブレーキの差動ブレーキングによって車体姿勢の乱れあるいは走行レーンからの逸脱を矯正しようとするものもある。

【0006】Vehicle System Dynamics Supplement 25 (1996), pp. 383-396 の、A warning and Intervention System to prevent Road-Departure Accidents は、車両前方のシーンをテレビカメラで撮影し、画像処理によって走行レーンを検出し、車両上の他のセンサの検出情報から車両挙動を推定し、走行レーンからの意図しない逸脱を生じたときには、逸脱量を制御量とし操作量を車輪ブレーキ圧配分とするフィードバック制御により、走行レーンに戻る方向に、車両進行方向を自動調整する。

【0007】特開平6-213660号公報には、車両前方の走行レーンの検出とレーン幅、カーブ、前方車両等の検出が開示されている。また、特開平9-96507号公報には、車両前方シーンを撮影するテレビカメラをレーンカーブに倣ってステアリングして前方走行レーンを追跡する技術が開示されている。更に、特開平8-207737号公報には、車輪ブレーキの配分制御により車両の姿勢又は進行

方向を調整するブレーキングステアリングが開示されている。これらの技術を集成することにより、上述の、静止物に対する過接近や先行車両に対する過接近を回避のための自動制動や、車両進行方向および車体姿勢矯正のための自動制動を実現することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前方静止物に対する過接近回避のための制動、ならびに、先行車両への過接近を回避するための制動は、状況により、様々なブレーキ力（強いブレーキ力、弱いブレーキ力）が必要となるが、急制動は乗員に不快や不安感を与え易いので、自動制動においては人間の感性に十分に合ったブレーキが必要となる。乗員の快適感性は、車両の加速度（プラス値、負値は減速度）の微分値（変化速度）に関係する。上昇方向であれ下降方向であれ、加速度（負値すなわち減速度を含む）が大きく変化すると進行方向の力が乗員に加わる。これを回避するために、長距離前方の障害物を検出し、低い減速度の制動を加えるようにすると、制動時間が長くなってしまう。

【0009】したがって、乗員の快適を損わない時間で減速度を所要値に上げ（加速度表現では下げ）、そして減速度を乗員の快適を損わない時間で下げて零（自動制動なし）に戻したとき、車両は前方障害物の手前にあって、前方障害物の速度と同一速度（障害物が静止の場合は車速=0）、となる減速プロファイルとその開始タイミング t_d を決定し、その減速プロファイルに従って自動制動するのが好ましい。

【0010】本発明は、車両を目標の位置に止めたり、目標の速度にするために自動的にブレーキをかける自動制動を、人間のフィーリングに合ったもの、とすることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】（1）車両とその前方の物体との相対距離 x_0 および相対速度 v_0 を含む走行状態から次の走行状態として相対距離が目標値 x_f 、相対速度が目標値 v_f とするに必要な、車輪制動レベル増強時間 t_r 、定レベル保持時間 t_c および低減時間 t_f をこの順に含む各時間の連なりに対する車輪制動レベルの分布でなる制動プロファイル、を算定するプロファイル演算手段（10）；および、該制動プロファイルに従って前記車両の制動手段（30, 51～54）を制御する制動制御手段（10）；を備える自動制動装置。

【0012】なお、理解を容易にするためにカッコ内には、図面に示し後述する実施例の対応要素の符号又は対応事項を、参考までに付記した。以下も同様である。

【0013】これによれば、走行状態（ x_0 、 v_0 、 a_0 ）が許す限り、乗員の快適を損わない車輪制動レベル増強時間 t_r 、該増強時間 t_r の終点の車輪制動レベル a_r および低減時間 t_f を定め、かつ、車輪制動レベル a_f を維持する定レベル保持時間 t_c にて、障害物への過接近の

回避に十分な制動時間をとることができる。この制動の緊急性が高いと、車輪制動レベル増強時間 t_r は低値、該増強時間 t_r の終点でもたらされる車輪制動レベル a_r は高値、として制動レベルの上昇速度を速くすればよい。走行状態（ x_0 、 v_0 、 a_0 ）に対応した重み付けを、乗員の快適性と過接近回避のそれぞれに行なって、両者の釣り合いをはかることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】（2）前記プロファイル演算手段（10）は、定レベル保持時間 t_c に定める定レベル a_c を、前記車両の自動制動が可能な制動レベル領域（減速度零以上；加速度表現では、零以下）を数段階に区分する複数の制動レベル（ $a_{max}/4$ 、 $a_{max}/2$ 、 $3a_{max}/4$ 、 a_{max} ）の1つに定め、定めた制動レベルに応じて各時間長（ t_r 、 t_c 、 t_f ）を定める。

【0015】これによれば、車両の制動手段（30, 51～54）は、前記複数の制動レベル（ $a_{max}/4$ 、 $a_{max}/2$ 、 $3a_{max}/4$ 、 a_{max} ）のそれぞれに制御できるものであればよく、制動レベルを目標値に定めるための制動制御アルゴリズムあるいはコントローラを簡略化することができる。

（3）前記プロファイル演算手段（10）は、車輪制動レベルをピーク値（ a_p ）まで上げる車輪制動レベル増強時間（ t_r ）および該ピーク値（ a_p ）から零に戻す低減時間（ t_f ）を標準値（デフォルト値； $t_r = 2$ sec, $t_f = 4$ sec）に定めて、前記走行状態情報（ x_0 、 v_0 、 a_0 ）に対応した、相対距離が目標値 x_f （障害物が静止物のとき $x_f = 3$ m；先行車両のときはその走行速度対応の車間距離目標値）となるとき相対速度を目標値 v_f （ $v_f \neq 0$ ）とするに所要の、上記ピーク値（ a_p ）を算出し、前記複数の制動レベル（ $a_{max}/4$ 、 $a_{max}/2$ 、 $3a_{max}/4$ 、 a_{max} ）の中の、前記ピーク値（ a_p ）に直近かつ低レベル側（加速度表現では高側）の制動レベル a_r を、前記定レベル保持時間 t_c の車輪制動レベル a_c に定め、該制動レベル a_c に立て上げそれから立て下げる車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_f ならびに定レベル保持時間 t_c を算出する。

【0016】走行状態情報（ x_0 、 v_0 、 a_0 ）ならびに増強時間 t_r の標準値（2 sec）および低減時間 t_f の標準値（4 sec）に基づいて算出する、車輪制動レベルピーク値（ a_p ）が、複数の制動レベル（ $a_{max}/4$ 、 $a_{max}/2$ 、 $3a_{max}/4$ 、 a_{max} ）の中の1つに合致し、しかも、このピーク値を算出した時点から、このプロファイル又はパターンに従った制動を開始すると、目標値 x_f 分障害物の手前で相対速度が目標値 v_f （ $v_f \neq 0$ ）以下となるという計算結果を得た場合、定レベル保持時間 t_c を零に定めることにより、計算通りの、過接近回避制動を実現することができる。

【0017】相対速度が目標値 v_f （ $v_f \neq 0$ ）となるとき、相対距離が目標値 x_f より大きい（相対距離に余裕

がある)場合には、それに対応する時間 t_d 分、制動開始を遅延することができる。このような遅延 t_d を行なうと、遅延の間に状況が変化(例えば障害物が不存在となる)し、制動の必要性が無くなることがあり得る。遅延時間 t_d を制動プロファイルに含め、この遅延時間 t_d が経過するまでに、対象の障害物が不存在になると設定中の自動制動(制動プロファイル)を解除することにより、自動制動は開始せず、必要性が低い自動制動を実行する確率が低下する。

【0018】走行状態情報(x_0 , v_0 , a_0)ならびに増強時間 t_r の標準値(2 sec)および低減時間 t_f の標準値(4 sec)に基づいて算出する車輪制動レベルピーク値(a_p)が、複数の制動レベル($a_{max}/4$, $a_{max}/2$, $3a_{max}/4$, a_{max})の中の1つ例えば a_{max} の直近ではあるが、それより高い(加速度表現では低い)ときには、 a_{max} を制動レベル a_p (目標値)に定める。この設定では、ピーク値を設定する場合よりも制動不足になるので、該制動不足となる分、定レベル保持時間 t_c (0を越える値)を定める。車両の制動手段(30, 51~54)が例えば0.6 g (g:重力の加速度の単位)の制動レベルを発生させることができるとし、仮に、0.6 g 近くの制動をかけたとすると、乗員の心地が悪く、自動でそのような制動が加わると乗員はびっくりしてしまう。

【0019】ところで、例えば80Km/hで走っており、100m前方に静止障害物があつて自動制動で停止しようとすると、障害物の直前で止まるために、9.6秒間(4.8秒間は0.42 gまでの立上げ時間、4.8秒間は0.42 gから0への立下げ時間)の、ピーク値が0.42 gの制動が必要となる。しかし本実施態様によれば、増強時間 t_r =1秒で0.3 gに立上げ、定レベル保持時間 t_c =6.5秒の間0.3 gを維持し、そして低減時間 t_f =1秒で0 gに戻すことによって、全体の制動時間は8.5秒で、同様に障害物の直前で止めることができる。制動能力が低い制動手段を用いても、制動能力が高い場合と同様な制動を実現できる。

【0020】制動能力が高い場合(例えば0.6 g能力)にも本発明を同様に適用することができる。その場合は、制動レベル領域が広いので、該領域を数段階に区分する複数の制動レベル(前述の $a_{max}/4$, $a_{max}/2$, $3a_{max}/4$, a_{max} に対応するもの)の数を多くして、高制動レベル(例えば0.3 gを越えるレベル)の自動制動を、極力運転者の快適感性を損なわないように、定レベル保持時間 t_c を可能な限り導入し、ピークレベル a_p を下げる。

(4) 制動プロファイルは、それを算定する時点から前記車輪制動レベル増強時間 t_r の開始までの、実質上制動を加えない制動遅延時間 t_d を含む。

【0021】これによれば、例えば80Km/hで走っており、105m前方に障害物があることを検知した時点から、遅延時間 t_d =0.2秒後すなわち障害物までの距離が

100mのときに上述の、全体の制動時間は8.5秒(t_r =1秒、 a_p =0.3 g、 t_c =6.5秒、 t_f =1秒)の自動制動を開始することにより、同様に障害物の直前で止めることができる。

【0022】このような遅延時間 t_d は、前方障害物を検出したときの相対距離 x_0 が長いほど、また、相対速度 v_0 が低いほど、長い時間に設定することができ、例えば、 $x_0 \geq 53$ mおよび $v_0 \leq 26$ km/hでは数秒に設定することができる(図9)。この数秒の遅延時間 t_d の間に、障害物(先行車両)が、非検出(レーン変更により自車走行レーン上に不存在)となる可能性がある。遅延時間 t_d の間に障害物がなくなれば、制動が開始されないので、無為な自動制動を開始する確率が低減する。

(5) 前記プロファイル演算手段(10)は、前記車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_f に、前記車両の乗員の快適を損なわいために予め定めた値(デフォルト値; $t_r = 2$ sec, $t_f = 4$ sec)を与えて定レベル保持時間 t_c の車輪制動レベル a_p を算出し、算出した車輪制動レベル a_p で相対距離の目標値 x_r 、相対速度の目標値 v_r が得られないときには、前記車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_f の少くとも一方を、相対距離の目標値 x_r 、相対速度の目標値 v_r が得られる値とする(図3、図5のサブルーチン24)。

(6) 前記プロファイル演算手段(10)は、上記(5)で求めた有効な車輪制動レベル a_p 、車輪制動レベル増強時間 t_r および低減時間 t_f において、相対距離が目標値 x_r (障害物が静止物のとき $x_r = 3$ m; 先行車両のときはその走行速度対応の車間距離目標値)となるとき相対速度を目標値 v_r ($v_r \neq 0$)とするに所要の、定レベル保持時間 t_c を、前記制動プロファイルに設定する(図3、図6のサブルーチン26)。

(7) 前記プロファイル演算手段(10)は、制動プロファイルに従って前記車両の制動手段(30, 51~54)を制御しているとき、相対距離(x_0)、相対速度(v_0)および相対加速度(a_0)の少くとも一者に関して、前記車両とその前方の物体との間の実績値が、前記制動プロファイルに従って算出する推定値に実質上一致するかを検定する(図3の59)。これにより、実行中の制動プロファイルの適否を判定する。

(8) 前記プロファイル演算手段(10)は、実績値が推定値と不一致のときには、そこで前記制動プロファイルを新たに算定する(図3の59, 66-21~26)。これにより、制動プロファイルが更新される。

(9) 前記プロファイル演算手段(10)は、前記制動制御手段(10)が制動プロファイルに従った制動制御によって相対速度(v_0)を実質上目標値 v_r ($\neq 0$)にした後は、乗員の操作(ブレーキペダル踏込み)が検出されるまで、新たな制動プロファイルの算定は保留する。乗員によるブレーキペダル操作があると、乗員による制動が期待できるの

で過接近回避のための自動制動は不要である。

【0023】本発明の他の目的および特徴は、図面を参照した以下の実施例の説明より明らかになろう。

【0024】

【実施例】図1に本発明の、1つの車両上に搭載された一実施例を示す。回転機構170で支持されたテレビカメラ160は、画像処理ECU140に接続されている。回転機構170は、回転駆動用の電気モータおよび減速機を内蔵するものであり、減速機の出力回転軸にカメラ160が固着されている。回転機構170は、フレームで支持され、車両の車内のフロントウィンドウの中央上部付近に設置されており、テレビカメラ160は、車両前方のシーンを撮影して画像信号を出力する。

【0025】道路がカーブしている場合は、カメラが路面から外れた方向を撮影してしまう可能性が高い。したがってこの実施例では、回転機構170でカメラ160を支持して、画像処理ECU140により、車両前方の走行レーン検出、レーンのカーブ半径Rの算出、レーン幅算出、自車両のレーン逸脱量（偏位量）算出、自車走行レーン上前方障害物の検出、前方障害物までの距離 x_r の算出、前方障害物との相対速度 v_r の算出および相対加速度 a_r の算出を行ない、これらの算出値 x_r 、 v_r および a_r を表わすデータは、画像処理ECU140の内部のDMA転送用のメモリの、ブレーキ制御ECU10宛てデータ格納領域に書込む。ブレーキ制御ECU10（のCPU）は、所要のときにDMA転送を使用して、該領域のデータを読み込むことができる。障害物を検出しないときには、カメラ160の視野中心をレーン中央に合すように、カメラ160をステアリングする。カメラ視野内に障害物（例えば先行車）が存在するときは、該障害物を視野中心に置くようにカメラ160をステアリングする。

【0026】カメラ160と画像処理ECU140の構成と機能は、前記特開平6-213660号公報に、また、カメラ160のステアリングに関する構成と機能は、前記特開平9-96507号公報に開示されたものと類似である。カメラの撮影画像を画像処理して走行レーンを区画する左、右白線を検出し、車幅中央の車両前後軸と、左白線（検出線）との横方向距離 X_L および右白線（検出線）との横方向距離 X_R を算出する。この処理技術は、前記特開平6-213660号公報に開示されたものである。この実施例では画像処理ECU140は更に、走行レーンに対する車両の左側逸脱量および右側逸脱量を算出する。そして、左、右逸脱量のうち、大きい値の方を、レーン逸脱量とする。

【0027】そしてこのレーン逸脱量およびそれが左側、右側のいずれであるかの情報を、レーン検出データ有効、レーンカーブ半径R、障害物検出有無、ならびに、障害物検出有のときは、障害物までの距離（相対距離） x_r 、障害物との相対速度 v_r および相対加速度 a_r

を表わす情報と共に、画像処理ECU140の内部のDMA転送用のメモリの、クルーズ制御ECU100宛てデータ格納領域に書込み、走行レーン検出が不成功のときには「無効」を該領域に書込む。

【0028】クルーズ制御ECU100（のCPU）は、所要のときにDMA転送を使用して、該領域のデータを読み込むことができる。クルーズ制御ECU100の主たる機能は、クルーズ制御（定速走行制御／車間距離制御）およびレーン逸脱制御である。クルーズ制御ECU100は、これらの制御を実行中か否かにかかわらず、画像処理ECU140が障害物を検出しているときには、相対速度 v_r と自車速度から障害物の移動速度を算出し、該移動速度が零（障害物が静止物）のときには相対距離目標値 x_r に固定値（3m）を与えかつ相対速度目標値 v_r に零を与える。移動速度が零を越える（障害物が先行車両）のときには、移動速度に予め対応付けられている車間距離値を相対距離目標値 x_r に与えかつ、定速走行制御、車間距離制御あるいはレーン逸脱制御のいずれかを実行中には、その制御を実行するアルゴリズムで定まる値を相対速度目標値 v_r に与え、いずれの制御も実行していないと相対速度目標値 v_r に零を与える。

【0029】そしてクルーズ制御ECU100は、画像処理ECU140から読み込んだ情報（障害物検出有無、ならびに、障害物検出有のときは、相対距離 x_r 、相対速度 v_r および相対加速度 a_r ）、設定した相対距離目標値 x_r および相対速度目標値 v_r 、ならびに、定速走行制御、車間距離制御又は逸脱制御の有無と有のときには車輪ブレーキ操作情報（指示）を、クルーズ制御ECU100の内部のDMA転送用のメモリの、ブレーキ制御ECU10宛てデータ格納領域に書込む。

【0030】車輪ブレーキ液回路30は、ブレーキペダル、バキュームブースタおよびブレーキマスターシリンダを含み、運転者のブレーキペダル踏込み（踏力）に対応するブレーキ圧を発生する第1ブレーキ圧源、モータ駆動されるポンプにより第2圧力を発生する第2ブレーキ圧源、第1圧力と第2圧力の一方を選択的に車輪ブレーキ51～54に供給する車輪ブレーキ圧操作用の電磁弁、および、各車輪ブレーキに各1対備わった、対の増圧用電磁弁と減圧用電磁弁、を含み、前記特開平8-207737号公報に開示されたものである。

【0031】前右、前左、後右および後左の車輪51～54それぞれの回転速度を車輪速度センサ41～44のそれぞれが検知し、各車輪速度を表わす電気信号（車輪速度信号）をブレーキ制御ECU10に与える。ブレーキペダルの踏込み中閉となるブレーキスイッチSW45が、その開（ペダルの踏込みなし：オフ）／閉（ペダルの踏込みあり：オン）を表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。車体のヨーレートをヨーレートセンサY/Aが検知し、ヨーレート（実ヨーレート） γ を表

わす電気信号を発生してブレーキ制御ECU10に与える。ステアリングホイールの回転角度を前輪舵角センサθFが検知し前輪舵角θfを表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。後輪の舵角は後輪舵角センサθRが検知し後輪舵角θrを表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。前輪ステアリング機構に加わるステアリングトルクTrをトルクセンサSTが検出してステアリングトルクTrを表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。車体の前後加速度gx(正值が狭義の車両加速度、負値が車両減速度)を加速度センサ(GXセンサ)が検知し前後加速度を表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。車体の横加速度gyを加速度センサ(GYセンサ)が検知し横加速度を表わす電気信号をブレーキ制御ECU10に与える。

【0032】ブレーキ制御ECU10は、これらのセンサ、スイッチ等の情報を読み込み、しかも、クルーズ制御ECU100のDMA転送用のメモリの、ブレーキ制御ECU10宛てデータ格納領域の、上述の各種データ(障害物検出有無、相対距離x_o、相対速度v_o、相対加速度a_o、相対距離目標値x_r、相対速度目標値v_r、および、その他)を読み込み、「ブレーキ制御処理」(5)、「車両自動制動」(6)および「方向補正処理」(7)を実行する。

【0033】「ブレーキ制御処理」(5)には、車体ドリフト量及び車体スピニ量を推定し、その推定値に基づいて車両旋回が過不足領域にあるかを判定し過不足領域にあると車輪ブレーキ圧を増圧する車輪ブレーキを決定し、決定した車輪ブレーキに、車輪ブレーキ液回路30を介してブレーキ圧力を供給する車輪ブレーキ圧配分制御が含まれ、この配分制御には、全輪ブレーキを対象とする「B-STR制御」と後2輪のブレーキを対象とする「2-BDC制御」とがあり、全輪ブレーキを対象とする「B-STR制御」には更に、オーバステアを抑制するための「B-STR-OS」制御とアンダーステアを抑制するための「B-STR-US」制御の2つがある。「ブレーキ制御処理」(5)には更に、「ABS制御」(アンチスキッド制御)および「TRC制御」(トラクションコントロール)も含まれる。

【0034】「車両自動制動」(6)は、前方障害物に対する過接近回避のための自動制動を行なうものであり、図7に示す制動プロファイルを生成してこれに従って自動制動を行なう。この内容は、後に詳細に説明する。

【0035】「方向補正処理」(7)は、画像処理ECU140が検出した、自車走行レーンに対する自車の逸脱量に対応するヨーレート目標値を算出して、実際の車両ヨーレートが目標値に合致するように車輪ブレーキ圧配分制御を行なうものである。制動力配分制御によるステアリングが不十分となる場合には、4WS制御ECU60にステアリング指示を与え、また、スロットル制御ECU80にサブスロットルの閉指令を与えて、後輪ステア

アリング駆動器70にて補助ステアリングを行ない、スロットル駆動器90にてエンジンのサブスロットルを閉じてエンジン出力を下げる。これらの制御の内容は、前記特開平8-207737号公報に提示したものである。

【0036】図2に、ブレーキ制御ECU10の処理機能の概要を示す。動作電圧が加わるとブレーキ制御ECU10(のCPU)は、内部レジスタ、入出力ポートおよび内部タイマを初期状態に設定し、ECU10内の入、出力インターフェイスを、待機時の入力読取接続および出力信号レベルに設定する(ステップ1)。なお、以下においては、カッコ内には、ステップとかサブルーチンという語を省略してそれらの番号のみを記す。

【0037】そして、制御処理周期を定めるためのタイマTbをスタートして(2)、入力読取り(3)から「DMAメモリのデータ更新」(8)までの処理を実行してタイマTbのタイムオーバを待ち(9)、待っている間、ECU10内の電気回路の状態をチェックして(10)、異常の有無を判定する(11)。異常が無く、タイマTbがタイムオーバすると、またタイマTcをスタートして(2)、入力読取り(3)から「DMAメモリのデータ更新」(8)までの処理を実行する。かくして、ECU10内の電気回路に異常が無いと、ステップ2~9を、実質上Tb周期で繰返し実行する。

【0038】入力読取り(3)にて、操作、表示ボード20の入力ならびにセンサ41~45、YA、θF、θR、ST、GX、GYの検出信号を読み込むと、「ブレーキ制御処理」(5)、「車両自動制動」(6)および「方向補正処理」(7)にて参照する状態情報を、DMA転送で、クルーズ制御ECU100から読み込む(4)。すなわち、ECU100の内部のDMA転送用のメモリ上の、ブレーキ制御ECU10宛てのデータ書込領域の、障害物検出有無、相対距離x_o、相対速度v_o、相対加速度a_o、相対距離目標値x_r、相対速度目標値v_r、および、その他を、DMA転送で読み込む。

【0039】次に「ブレーキ制御処理」(5)を実行する。この内容は前記特開平8-207737号公報に開示のものと同様であるが、この実施例では、「2-BDC制御」および「B-STR制御」のいずれかの車輪ブレーキ圧制御を行なうとき、ECU100からの方向補正指令を受けていると、ECU100からの指令値(レーン逸脱量、カーブ半径R)に基づいてブレーキステア用の目標ヨーレートyawOを算出し、かつ、「2-BDC制御」および「B-STR制御」用にECU10が生成した車輪ブレーキ圧配分制御の目標ヨーレートを、クルーズ制御ECU100が指示したブレーキステア用の目標ヨーレートyawO分補正(バイアス)して、補正した目標ヨーレートに対応して車輪ブレーキ圧配分を決定する。これにより、クルーズ制御ECU100が意図するブレーキステアが、ブレーキ制御ECU10によって実行され

【0040】次に「車両自動制動」(6)を実行する。これは、障害物(自車走行レーン上の前方の静止物又は走行中の先行車)に対する過接近回避のために自動制動するものであり、そのアルゴリズムの大要をここで説明する。

【0041】障害物検出有無データが、障害物無しから障害物ありに切換わると、そこで図7に示す制動プロファイルを想定し、現在の障害物との相対距離 x [m]、相対速度 v [m/sec] および相対加速度 a [m/sec²] に対応して、相対距離 (x_r) が相対距離目標値 x_r [m] 以下になるときに、相対速度 (v_r) を相対速度目標値 v_r [m/sec] 以下とするに必要な、車輪ブレーキ 5.1 ~ 5.4 のブレーキ圧による制動レベル a_r (負値であり減速度、単位は g)、遅延時間 t_d 、増強時間 t_r 、保持時間 t_h および低減時間 t_f [いずれも sec] を算出する。

【0042】遅延時間 t_d は、車輪ブレーキ 5.1 ~ 5.4 に対して、実質上ブレーキ力は発生しないが制動子の遊び分の駆動は行なう程度のブレーキ圧の印加は行なっても、車輪にブレーキ力は実質上与えない、現時点(制動プロファイル算出時刻; 図7の横軸の始点 $t = 0$) から、

実効ブレーキ力の印加を開始するまでのブレーキ力印加保留時間である。増強時間 t_r は制動レベルを 0 から $a_r = a_r + a_h$ まで立上げる時間、保持時間 t_h は a_r を維持する時間、低減時間 t_f は制動レベルを a_r から 0 に立下げる時間である。なお、遅延時間 t_d および保持時間 t_h は零の場合があり得る。

【0043】制動をかけるとき、乗員に与える減速度は、零から緩やかに立上って次第に値が大きくなり、ピーク値近くで緩やかに飽和しそしてそれから緩やかに立下って次第に値が小さくなり、零近くでまた緩やかに立下る、円滑な減速プロファイルとなるべきである。そうであると乗員の快適を損う可能性が低い。高い減速度のみならず、立上り、立下り速度が高い減速度変化(減速度の微分値)は、乗員に不快を与える。そこで本実施例では、次の【数1】に示すように、減速度の立上げおよび立下げをcos関数とした。【数1】は、図7に示す制動プロファイル上の制動レベル(単位は重力の加速度 g)を表わすものである。

【0044】

【数1】

13

$$a(t) = a_0$$

$$t_d$$

$$a(t_d) = a_0$$

$$a(t) = a_0 + \frac{a_b}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\pi}{t_r} (t - t_d) \right) \right]$$

$$a(t_1) = a_0 + a_b = a_t$$

$$a(t) = a_0 + a_b = a_t$$

$$t_2$$

$$a(t_2) = a_0 + a_b = a_t$$

$$a(t) = \frac{(a_0 + a_b)}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{\pi}{t_f} (t - t_2) \right) \right]$$

$$a(t_3) = 0$$

\hat{a}_0 : 制動プロファイルの計算をした時刻 ($t = 0$) の、
前方障害物に対する自車両の相対加速度 (計算値)

\hat{a}_b : 自動ブレーキングによる制動レベル変化量 (計算値)

\hat{a}_t : 自動ブレーキングによる制動レベルピーク値 (計算値)
 $\hat{a}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_b$

t_d : 自動ブレーキングの、開始遅延時間

t_r : 自動ブレーキングの、制動レベル増強時間

t_c : 自動ブレーキングの、定レベル保持時間

t_f : 自動ブレーキングの、制動レベル低減時間

$$t_1 = t_d + t_r$$

$$t_2 = t_d + t_r + t_c$$

$$t_3 = t_d + t_r + t_c + t_f$$

【0045】横軸 (時間軸) 原点 ($t = 0$) から制動レベル (g) を順次積分する一次積分は、速度 (制動により順次低下する速度) を表わし、一次積分 (速度) の積分すなわち制動レベル (g) の二次積分は距離 (制動中の走行距離) を表わす。

【0046】障害物が静止物の場合は、相対速度を v_0 から目標値 $v_r = 0$ とすると、制動中の相対距離変化量 ($d = x_0 - x_r$) は、いわゆる停止距離である。障害物が先行車の場合は、その走行速度に対応付けられた車間距離が相対距離目標値 x_r に設定され、通常の場合は相対速度目標値 $v_r = 0$ とする。制動による車間距離制御となるので、その場合は、制動中の相対距離変化量 ($d = x_0 - x_r$) は、文字通り、自車車速を先行車の車速に合わせるための制動減速中の相対距離変化量である。

【0047】図7に示す制動プロファイルの二次積分式 (制動中の相対距離変化量 d を表わす式) に、該制動プロファイルの実行によって、相対距離が相対距離変化量 d

$= x_0 - x_r$ 分変化する間に相対速度を v_0 から v_r とするとの条件を与えて、制動プロファイルを規定する制動レベルピーク値 a_t 、増強時間 t_r 、低減時間 t_f および遅延時間 t_d を表わす各数式を導びくと、それぞれ次の【数2】～【数5】に示すものが得られる。また、図7に示す制動プロファイルの一次積分式 (制動中の減速量) を表わす式に、制動開始時の相対速度 v_0 および制動終了時の相対速度 v_r を与えて、制動プロファイルを規定する保持時間 t_c を表わす数式を導びくと、【数6】に示すものが得られる。

【0048】図7に示す制動プロファイルは、前方障害物との距離が x_0 、相対速度が v_0 、相対加速度が a_0 の時点 (制動プロファイル算出時刻) から、遅延時間 t_d 後に制動力を印加しつつその立上げを開始して、該開始から増強時間 t_r 後に制動レベルをピーク値 a_t とし、それから保持時間 t_c の間制動レベルをピーク値 a_t に維持し、保持時間が経過した時点から制動力の立下げを開始して、この立下げ開始から低減時間 t_f 後に制動力を零に

14

... (11)

... (12)

... (13)

... (14)

... (15)

... (16)

... (17)

... (18)

立下げ、これにより制動力が零に戻ったときには相対距離は x_r 、相対速度は v_r としようとするものであり、制動レベルピーク値 a_t は、与えられる条件 (x_0 , x_r), (v_0 , v_r) および a_0 と、制動プロファイルを規定する他のパラメータ t_d , t_r , t_c および t_f の影響を受ける。 x_0 , v_0 および a_0 は検出値、 x_r および v_r は目標値（固定値又は指示される値）であり、いずれも与えられる値であるが、遅延時間 t_d 、増強時間 t_r 、保持時間 t_c および低減時間 t_f は、ピーク値 a_t と同様に、算出すべき値である。

【0049】つまり、算出すべき制動レベル a_t 、遅延 $t_r \neq t_f$ のときは、

$$a_t = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{-2a}$$

$$a = Q (t_r^2 - t_f^2)$$

$$Q = \frac{\pi^2 - 8}{4\pi^2}$$

$$b = a_0 \left[\frac{(2t_d + t_r)^2}{4} - Qt_r^2 \right] + v_f t_f + v_0 (2t_d + t_r) - 2d \quad \dots (24)$$

$$c = v_f^2 - v_0^2 - a_0 \left[v_0 (2t_d + t_r) + a_0 \frac{(2t_d + t_r)^2}{4} \right] \quad \dots (25)$$

$t_r = t_f$ のときは、

$$a_t = \frac{v_f^2 - v_0^2 - a_0 \left[v_0 (2t_d + t_r) + a_0 \frac{(2t_d + t_r)^2}{4} \right]}{2d - v_0 (2t_d + t_r) - v_f t_r - a_0 \left[\frac{(2t_d + t_r)^2}{4} - Qt_r^2 \right]} \quad \dots (26)$$

v_0 : 制動プロファイルの計算をした時刻 ($t = 0$) の、前方障害物に対する自車両の相対速度（検出値）

v_f : 目標相対速度

d : 自動ブレーキングによって相対速度検出値 v_0 を目標相対速度 v_f にするまでの走行距離（計算値）

$$d = X_0 - X_f$$

X_0 : 制動プロファイルの計算をした時刻の、前方障害物に対する自車両の相対距離（検出値）

X_f : 目標相対距離

【0051】すなわち、所要制動レベル a_t を算出するための【数2】は、前方障害物との距離が x 、その目標値が x_r 、相対速度が v 、その目標値が v_r 、相対加速度が a_0 の時点（制動プロファイル算出時刻）から、遅延時間 t_d 後に制動力を印加しつつその立上げを開始して、該開始から増強時間 t_r 後に制動レベルをピーク値 a_t とし、この時点からただちに制動力の立下げを開始して、この立下げ開始から低減時間 t_f 後に制動力を零に立下げ、これにより制動力が零に戻ったときには相対距離は

時間 t_d 、増強時間 t_r 、保持時間 t_c および低減時間 t_f はそれぞれ、相互に影響し合うパラメータであり、各値を一度に一意的に算出することはできず、各パラメータに仮定的に数種の具体値を与えて各値の算出を繰返し、総体的にバランスが取れた各パラメータの値を求める、繰返し計算が必要であり、パラメータ数が多いほど、計算が複雑になり算出に時間がかかる。これらのパラメータの数を低減するために、【数2】では、保持時間 t_c は省略している。

10 【0050】

【数2】

$$\dots (21)$$

$$\dots (22)$$

$$\dots (23)$$

$$\dots$$

$$\dots$$

目標値 x_r 、相対速度は目標値 v_r （通常の場合 $v_r = 0$ ）となる制動レベルピーク値 a_t を算出するものとしている。したがって、遅延時間 t_d 、増強時間 t_r および低減時間 t_f を与えれば、制動レベルピーク値 a_t を得ることができる。そこで本実施例では、制動レベル a_t の初回の算出（図3の24）においては、増強時間 t_r および低減時間 t_f に、乗員の快適を損うことのない比較的大きい値（ $t_r = 2_{sec}$, $t_f = 4_{sec}$ ）を、デフォルト値（標準値）として与えている。遅延時間 t_d には、

制動遅れとなる可能性を低くするために、比較的に小さい値 ($t_d = 0.2\text{sec}$) を、デフォルト値(標準値)として与えている。

【0052】過接近回避の緊急性が高い場合、例えば相対距離 x_r が短く相対速度 v_r が高い場合には、緊急性に応じてそれが高いほど遅延時間 t_d 、増強時間 t_r および低減時間 t_f は短く制動レベル a_t は高くし、過接近回避をできるだけ避ける避けるのが好ましい。そこで、本実施例では、デフォルト値に基づいて算出した制動レベル a_t をチェックして、それが車両上ブレーキシステム

(30+51~54) の実効範囲を外れるもの(無効値)であると、実効範囲内の値(有効値)となるまで遅延時間 t_d 、増強時間 t_r および低減時間 t_f を短くする。遅延時間 $t_d \leq t_{d_{min}}$ ($=0.2\text{sec}$)かつ増強時間 t_r および低減時間 t_f を許容最短時間(設定値)にしても制動レベル a_t が有効値とならない場合には、ただちに緊急制動を開始しあつ警報を発生する。

【0053】有効値の制動レベル a_t を算出した場合は、制動レベルの保持時間 t_r を加えて ($t_r > 0$ にし

$$t_r = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{-2a}$$

て)、その分制動レベル a_t を下げるができる。例えば、 $d = 100\text{m}$ 、 $v_r = 80\text{Km/h}$ 、 $a_0 = 0\text{m/sec}^2$ 、で $t_d = 0\text{sec}$ 、 $t_r = 4.8\text{sec}$ 、 $t_e = 0\text{sec}$ 、 $t_f = 4.8\text{sec}$ 、 $a_t = 0.42\text{g}$ と算出したとき、 $a_t = 0.3\text{g}$ として、 $t_d = 0\text{sec}$ 、 $t_r = 1\text{sec}$ 、 $t_e = 6.5\text{sec}$ 、 $t_f = 1\text{sec}$ 、としても、過接近回避が実現する。自動制動の最大ブレーキ力が 0.3g 相当の自動ブレーキシステムの場合にも、 0.42g 以上の制動能力がある自動ブレーキシステムを用いる場合と同様な、過接近回避のための自動制動を実現することが可能となる。

【0054】減速度の立上げ、立下げをcos関数とは別の三角関数又は指數関数で近似して同様な制動プロファイルを生成することもできる。その場合、数式は異っても、実質上等しい値の、各値 (a_t 、 t_d 、 t_r 、 t_e および t_f) が算出される。しかしながら、各Q値は、採用する数式によって異なる。

【0055】

【数3】

... (31)

$$a = (a_t - a_0) \left[\frac{a_0}{4} + Q a_t \right]$$

... (32)

$$Q = \frac{\pi^2 - 8}{4\pi^2}$$

... (33)

$$b = (a_t - a_0) (v_0 + a_0 t_d)$$

... (34)

$$c = a_t [a_0 t_d^2 - Q a_t t_f^2 + v_f t_f - 2d]$$

$$+ 2 (a_t - a_0) v_0 t_d - a_0^2 t_d^2 + v_f^2 - v_0^2 \quad \dots (35)$$

【0056】

【数4】

(11)

特開 2000-108866

19

$$t_f = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{-2a}$$

20

... (41)

$$a = -Q a_t^2$$

... (42)

$$Q = \frac{\pi^2 - 8}{4\pi^2}$$

... (43)

$$b = a_t v_f$$

... (44)

$$c = a_0 \left[\frac{(a_t - a_0)}{4} T_1^2 - Q a_t t_r^2 - v_0 T_1 \right]$$

$$+ a_t [Q a_t t_r^2 + v_0 T_1 - 2d] + v_f^2 - v_0^2 \quad \dots (45)$$

$$T_1 = 2 t_d + t_r$$

... (46)

【0057】

【数5】

21

 $a_0 \neq 0$ のときは、

$$t_d = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{-2a} \quad \dots (51)$$

$$a = a_0 (a_t - a_0) \quad \dots (52)$$

$$b = (a_t - a_0) (a_0 t_r + 2v_0) \quad \dots (53)$$

$$c = a_0 \left[\left(\frac{(a_t - a_0)}{4} - Q a_t \right) t_r^2 - v_0 t_r \right]$$

$$+ a_t [Q a_t T_2 + v_f t_f + v_0 t_r - 2d] + v \quad \dots (54)$$

$$Q = \frac{\pi^2 - 8}{4\pi^2} \quad \dots (55)$$

$$v = v_f^2 - v_0^2 \quad \dots (56)$$

$$T_2 = t_r^2 - t_f^2 \quad \dots (57)$$

 $a_0 = 0$ のときは、

$$t_d = \frac{1}{2v_0} \left[2d - v_0 t_r - v_f t_f - \frac{(v_f^2 - v_0^2)}{a_t} - Q a_t (t_r^2 - t_f^2) \right] \quad \dots (58)$$

【0058】

$$t_c = \frac{2(v_f - v_0) - a_t (t_r + t_f) - a_0 (2t_d + t_r)}{2a_t} \quad \dots (61)$$

【数6】

【0059】制動プロファイルの形状に加えて、増強時間 t_r および低減時間 t_f の各値が、乗員に対する快、不快感に大きな影響を及ぼす。各時間が短いほど制動による減速度の変化速度（減速度の微分値の絶対値）が大きく、不快感が大きくなる。一方、この変化速度を小さくするために増強時間 t_r および低減時間 t_f の各値を長くすると、過接近回避には不十分な減速度となる。そこでこの実施例では、増強時間 t_r および低減時間 t_f の各値を、制動システム（30+51~54）の制動能力内で、過接近回避と乗員の快適維持とを可及的に両立するように、走行状態（ x_0, v_0, a_0 ）に応じて定める。

【0060】図3に、「車両自動制動」（6）の内容を

示す。これに進むとブレーキ制御ECU10（のCPU）は、障害物があるかをチェックする（21）。すなわち、過接近回避対象となる前方物体があるかをチェックする。それがあると、すでにそれに対する過接近回避のための自動制動を設定している（制動は開始していないが、制動プロファイルを算定して自動制動に設定している状態、すなわち遅延時間 t_d の経過待ち状態、も含む）かをチェックする（22）。すなわち、ブレーキ制御ECU10の内部メモリに割り当てたレジスタCPに1（自動制動を設定中）が書き込まれているかをチェックする。設定中でない（CPのデータは0）であると、レジスタCPに1を書き込み（23）、制動レベル a_0 を設

定する(24)。

【0061】図5に、この「 a_t を設定」(24)の内容を示す。ここではまず、緊急制動要情報(「1」)を書込むためのレジスタ $n v a t$ をクリアして(71)、前記〔数2〕に従って、目標減速度すなわち目標制動レベル a_t (図7上の $a_b + a_t$ に相当する値) を算出する(72)。ここでは、算出開始点であるので、 t_r および t_d には大きな値のデフォルト値 ($t_r = 2_{sec}$, $t_d = 4_{sec}$) を与え、 t_d には最小値 t_{dmin} ($=0.2sec$) を与える。

【0062】ブレーキ制御ECU10は次に、算出した所要制動レベル a_t が有効値(設定値以下の減速度。正值を加速度、負値を減速度とする広義の加速度値表現では、設定値以上の加速度)であるかをチェックする(73)。仮に無効値(設定値を越える大きな減速度値)であると、有効値とするために、 t_d , t_r および t_d を1ステップ小さい値に更新して、前記〔数2〕に従って、目標制動レベル a_t を再度算出し、それが有効値となつたかをチェックする(74~82)。有効値の目標制動レベル a_t が得られるまでこれを繰返すが、その間に、増強時間 t_r 又は低減時間 t_d が下限値 t_{rmin} 又は t_{dmin} 未満になると、乗員に対して快適かつ過接近回避可の自動制動は不可能と見て、緊急制動要を示す1をレジスタ $n v a t$ に書込んで(83)、図3に示す「緊急制動」(57)に進む。遅延時間 t_d が最低値 t_{dmin} ($=0.2sec$) 未満になると、最低値 t_{dmin} に強制設定する(79, 80)が、「緊急制動」(57)には進まない。

【0063】増強時間 t_r および低減時間 t_d のいずれも下限値 t_{rmin} , t_{dmin} 以上、かつ、目標制動レベル a_t は有効値になると、保持時間 t_c を定めるための、図3の「 t_c を設定」(26)に進む。

【0064】図6に、この「 t_c を設定」(26)の内容を示す。ここではまず、緊急制動要情報(「1」)を書込むためのレジスタ $n v t c$ をクリアして(91)、

- 第1領域(低低減速度領域) : $a_{max}/4$ 以上,
- 第2領域(低減速度領域) : $a_{max}/4$ 未満かつ $a_{max}/2$ 以上,
- 第3領域(中減速度領域) : $a_{max}/2$ 未満かつ $3a_{max}/4$ 以上,
- 第4領域(高減速度領域) : $3a_{max}/4$ 未満かつ a_{max} 以上,
- 第5領域(高高減速度領域) : a_{max} 未満。

【0069】目標制動レベル a_t が、どの領域にあるかは、過接近回避のための自動制動の必要性および緊急性を意味する。第1領域にある場合には、必要性および緊急性が低く、第2~5領域と順次高い減速度領域になるにつれて順次に自動制動の必要性および緊急性が高くなる。

1. 目標制動レベル a_t が第1領域にあるとき: ブレーキ制御ECU10は、保持時間 $t_c = 0$ を設定し(32)、その時に保持する各値 t_d , t_r , t_c に対応する目標制動レベル a_t を、〔数2〕に従って算出し(33)、算出した目標制動レベル a_t とその時に保持する

前記〔数6〕に従って、保持時間 t_c を算出する(92)。ここでは、目標制動レベル a_t , 遅延時間 t_d , 増強時間 t_r および低減時間 t_d は、ここまで処理で設定している値を用いる。相対距離 x_r , 相対速度 v_r および相対加速度 a_r は、ステップ4でクルーズ制御ECU100から読み込んだ値である。

【0065】ブレーキ制御ECU10は次に、算出した保持時間 t_c が有効値すなわち0以上の値であるかをチェックする(93)。仮に無効値(負値)であると、有効値とするために、 t_d , t_r および t_c を1ステップ小さい値に更新して、前記〔数2〕に従って、目標制動レベル a_t を再度算出し、それが有効値となつたかをチェックする(94~102)。有効値の目標制動レベル a_t が得られるまでこれを繰返すが、その間に、増強時間 t_r 又は低減時間 t_d が下限値 t_{rmin} 又は t_{dmin} 未満になると、乗員に対して快適かつ過接近回避可の自動制動は不可能と見て、緊急制動要を示す1をレジスタ $n v t c$ に書込んで(105)、図3に示す「緊急制動」(57)に進む。遅延時間 t_d が t_{dmin} 未満になると、 t_d 強制設定する(79, 80)が、「緊急制動」(57)には進まない。

【0066】算出した目標制動レベル a_t が有効値であると再度、前記〔数6〕に従って、保持時間 t_c を算出する(103)。そして算出した保持時間 t_c が有効値であるかをチェックして(104)、無効値であると、また、増強時間 t_r および低減時間 t_d の低減(94, 95)以下の処理を行なう。

【0067】算出した保持時間 t_c が有効値であると、図4に示すステップ28に進み、目標制動レベル a_t が、粗い量子化レベル $a_{max}/4$, $a_{max}/2$, $3a_{max}/4$ および a_{max} で区画される次の5領域のいずれにあるかをチェックする(28~31)。なお、この実施例では、 $a_{max} = -0.3g$ である。

【0068】

40 各値 t_r , t_d に対応する遅延時間 t_d を〔数5〕に従って算出し(34)、ここで目標制動レベル a_t が第2領域に移ったかをチェックして(35)、移ると、目標制動レベル a_t を、第1レベル $a_{max}/4$ に更新設定する(39)。そして、目標制動レベル $a_t = a_{max}/4$ に対応する遅延時間 t_d を再計算する(40)。そして、「 t_c を設定」(41; 内容は図6に同じ)を実行して、これらの目標制動レベル a_t および遅延時間 t_d に対応する保持時間 t_c を算出する。算出した保持時間 t_c が0以上しかも t_r , t_d 共に下限値以上であると、ステップ42を経て、ここまでに算出、設定あるいは変更した

値 t_d , t_r , a_t , t_e および t_f を、制動プロファイルと定め (3 6) 、増強時間 t_r の間に $a_b = a_t - a$ まで減速度を立上げるための車輪ブレーキの増圧デューティ値および低減時間 t_f の間に減速度を零に立下げるための車輪ブレーキの減圧デューティ値を時間の関数として算出して、ブレーキ操作量プロファイルとして設定し、時限値が t_d のタイマをスタートし車輪ブレーキの、ブレーキ力は実質上車輪に作用しないが、制動子をブレーキ作用方向に遊び分駆動する初期増圧を開始する (3 7)。

【0070】ステップ 3 5 のチェックで、目標制動レベル a_t が $a_{max}/4$ 以上であったときには、サブルーチン 3 3 で算出した目標制動レベル a_t を変更することなく、サブルーチン 3 6 に進み、ここまでに設定あるいは算出した値 t_d , t_r , a_t , $t_e = 0$ および t_f を、制動プロファイルと定め (3 6) 、増強時間 t_r の間に $a_b = a_t - a$ まで減速度を立上げるための車輪ブレーキの増圧デューティ値および低減時間 t_f の間に減速度を零に立下げるための車輪ブレーキの減圧デューティ値を時間の関数として算出して、ブレーキ操作量プロファイルとして設定し、時限値が t_d のタイマをスタートし初期増圧を開始する (3 7)。

【0071】以上の処理により、制動により調整すべき相対距離変化量 $d = x_s - x_f = 100\text{ m}$ であった場合、制動レベル a_t は、相対速度 v_s (正しくは $v_s - v_f$) に対応して、図 8 上の、 $a_t \geq a_{max}/4$ の領域に示す太い実線のように定められる。

2. 目標制動レベル a_t が第 2 領域にあるとき：ブレーキ制御 ECU 10 は、目標制動レベル a_t を、第 2 レベル $a_{max}/2$ に設定する (4 3)。そして、上記 1. の、 a_t に第 1 レベル $a_{max}/4$ を設定したときと同様に、遅延時間 t_d を再計算し (4 0) 、保持時間 t_e を算出し (4 1) 、算出した保持時間 t_e が 0 以上しかも t_r , t_f 共に下限値以上であると、制動プロファイルを定め (3 6) 、ブレーキ操作量プロファイルを設定し時限値が t_d のタイマをスタートして初期増圧を開始する (3 7)。

3. 目標制動レベル a_t が第 3 領域にあるとき：ブレーキ制御 ECU 10 は、目標制動レベル a_t を、第 3 レベル $3a_{max}/4$ に設定する (4 4)。そして、上記 1. の、 a_t に第 1 レベル $a_{max}/4$ を設定したときと同様に、遅延時間 t_d を再計算し (4 0) 、保持時間 t_e を算出し (4 1) 、算出した保持時間 t_e が 0 以上しかも t_r , t_f 共に下限値以上であると、制動プロファイルを定め (3 6) 、ブレーキ操作量プロファイルを設定し時限値が t_d のタイマをスタートして初期増圧を開始する (3 7)。

4. 目標制動レベル a_t が第 4 領域にあるとき：ブレーキ制御 ECU 10 は、目標制動レベル a_t を、第 4 レベル a_{max} に設定する (4 5)。そして、上記 1. の、 a_t に第 1 レベル $a_{max}/4$ を設定したときと同様に、遅延

時間 t_d を再計算し (4 0) 、保持時間 t_e を算出し (4 1) 、算出した保持時間 t_e が 0 以上しかも t_r , t_f 共に下限値以上であると、制動プロファイルを定め (3 6) 、ブレーキ操作量プロファイルを設定し時限値が t_d のタイマをスタートして初期増圧を開始する (3 7)。

5. 目標制動レベル a_t が第 5 領域にあるとき：この第 5 領域では、過接近回避を効果的に行なうためには、大きな制動力を必要とし、自動制動の緊急性が高い。しかし、車輪ブレーキシステム (3 0 + 5 1 ~ 5 4) の自動制動に設定された制動能力、略 $a_{max} \approx -0.3\text{ g}$ 以下、を最大限に利用し、かつ比較的に長い保持時間 t_e を設定することによって過接近回避に有効な制動を実現しなければならず、制動時間が長くなる可能性が高い。そこで、まず遅延時間 t_d に最低値 t_{dmin} を与え (4 6) 、目標制動レベル a_t に最高レベル a_{max} を与えて (4 7) 、他のパラメータはここまで得ている値を与えて、【数 3】に従って増強時間 t_r を算出する (4 8)。次に、ここまでに定めた各値を用いて「 a_t を設定」 (5 4) を実行して、目標制動レベル a_t を再度算出し、必要に応じて t_r , t_f を調整する。「 a_t を設定」 (5 4) の内容は、図 5 に示すものと同じである。

【0072】この再計算により得た目標制動レベル a_t が有効値であると、それが最高レベル a_{max} 以上 (車輪ブレーキシステムの制動能力以内) であるかをチェックする (5 5, 5 6)。 a_{max} 以上であると、保持時間 t_e を算出し (4 1) 、算出した保持時間 t_e が 0 以上しかも t_r , t_f 共に下限値以上であると、ここまでに算出又は設定した各値に基づいた制動プロファイルを定め (3 6) 、ブレーキ操作量プロファイルを設定し時限値が t_d のタイマをスタートして初期増圧を開始する (3 7)。目標制動レベル a_t が無効値、もしくは、増強期間 t_r 又は低減期間 t_f がその下限値未満、となつたときには、緊急制動 (5 7 : 図 3) に進む。

【0073】以上の処理により、目標制動レベル a_t が有効値、かつ、増強期間 t_r および低減期間 t_f 共にその下限値以上、となつたときには、目標制動レベル a_t は、図 8 上の太い実線のように設定される。

【0074】目標制動レベル a_t が無効値、もしくは、増強期間 t_r 又は低減期間 t_f がその下限値未満、となつて緊急制動 (5 7) に進むと、この状態は、自動制動による過接近回避は無理と推察されるので、緊急制動 (5 7) にて即座に、増強期間 $t_r = \text{下限値 } t_{rmin}$ 、目標制動レベル $a_t = a_{max}$ の自動制動を開始し (5 7) 、乗員に対する警報を発生する (5 8)。

【0075】上述の、ブレーキ操作量プロファイルを設定し時限値が t_d のタイマをスタートして初期増圧を開始 (3 7) した自動制動を、以下では定常自動制動ということにすると、定常自動制動、又は、緊急制動 (5 7) を開始した後、 T_b 周期で「車両自動制動」 (6) に進

む。再度図3を参照されたい。

【0076】「車両自動制動」(6)に進入すると、ブレーキ制御ECU10はまず、前方物体が継続して存在するかをチェックし(21)、存在すると、自動制動(定常自動制動又は緊急制動)の実行中(レジスタCPのデータが1)かをチェックし(22)、実行中であると、緊急制動中であるかをチェックする(59)。

【0077】緊急制動中でないと定常自動制動中であるので、サブルーチン36で設定した制動プロファイルの、現時刻宛ての目標制動レベル a_t に、現在の相対加速度 a_r が実質上合致するかをチェックする(60)。実質上合致すると、サブルーチン36で設定した制動プロファイルをその通り実行している場合に現時刻にもたらされるはずの相対速度 v_r および相対距離 x_r を算出し(61)、それら(推定値)が、画像処理ECU140が検出した現在値 v_r および x_r と実質上合致するかをチェックする(62, 63)。すなわち、ステップ60~63にて、実質上制動プロファイルの通りに、自動制動が進行しつつ車両の減速が実現しているかを検証する。

【0078】その通り実現していると、現行の相対速度 v_r (画像処理ECU140の検出値)が、目標相対速度 v_r に実質上合致したか(制動プロファイルの終点となつた)かをチェックする(64)。合致していると、ブレーキペダルの踏込みがあったかを、ペダルスイッチ45の信号から判定し、ペダル踏込みがあると自動制動を解除し警報を解除し、レジスタCPをクリアする(67, 68)。

【0079】現行の相対速度 v_r が目標相対速度 v_r に低下していないと、「プロファイル出力」(65)にて、車輪ブレーキ液回路30のブレーキ操作量を、サブルーチン37で設定した、現時刻宛ての操作量に更新する。車輪ブレーキ液回路30の中の車輪ブレーキ圧操作用の電磁弁には、車輪ブレーキ増圧用と減圧用のものがあり、両電磁弁共に閉弁であると車輪ブレーキ圧はホールド(定値保持)である。

【0080】増圧用電磁弁が開弁であると昇圧であって開弁と閉弁を1サイクルとしてそれを繰返す開閉のデューティ(開弁時間/1サイクル時間)すなわち増圧デューティによって、昇圧速度が定まる。増強時間 t_r では、ブレーキ操作量は、 t_r 、 a_t と期間内時刻(t)に対応する増圧デューティであり、これに従って増圧用電磁弁が開閉駆動され、これにより、図7上の t_r 期間に示すcos状の減速度上昇が車両に現われる。

【0081】保持期間 t_r は車輪ブレーキ圧をホールドする期間であり、その間、増圧用電磁弁および減圧用電磁弁が共に閉弁に維持される。

【0082】減圧用電磁弁が開弁であると降圧であって開弁と閉弁を1サイクルとしてそれを繰返す開閉のデューティ(開弁時間/1サイクル時間)すなわち減圧デューティによって、減圧速度が定まる。低減時間 t_r で

は、ブレーキ操作量は、 a_t 、 t_r と期間内時刻(t)に対応する減圧デューティであり、これに従って減圧用電磁弁が開閉駆動され、これにより、図7上の t_r 期間に示すcos状の減速度低下が車両に現われる。

【0083】「プロファイル出力」(65)は、制動プロファイル対応のブレーキ操作量プロファイル(時間をパラメータとするブレーキ操作量)の中の、現時刻対応の操作量を抽出して、それを車輪ブレーキ液回路30の増、減圧電磁弁を操作する出力とする処理を行なうものである。

【0084】「緊急制動」(57)は、 $t_d = 0$ 、 $t_r = t_{train}$ 、 $a_t = a_{max}$ の自動制動を開始するものであり、これを開始していると、その後「車両自動制動」(6)に進入し、ステップ59から70Cに進んでブレーキペダルの踏込みがあったかをチェックし、踏込みが検知されないと、相対速度 v_r が実質上 v_r にならない限り、「プロファイル出力」(65)で、 $t_r = t_{train}$ の間は、 t_{train} の間に減速度を a_{max} に立上げる車輪ブレーキ圧の増圧を行ない、 $t_r = t_{train}$ の経過後は車輪ブレーキ圧をホールドとする。相対速度 v_r が実質上 v_r になるか、あるいはブレーキペダルの踏込みがあると、この自動制動(緊急制動)を解除し、警報も解除する(70C/64-67-68)。

【0085】自動制動(定常自動制動又は緊急制動)中に、前方物体なしになると、ステップ21、69を経て、自動制動を解除し警報を解除して(70A)、レジスタCPをクリアする(70B)。

【0086】以上に説明した自動制動アルゴリズムに、 $x_r = 53\text{ m}$ 、 $x_r = 3\text{ m}$ 、 $d = x_r - x_r = 50\text{ m}$ 、 v_r 各値、 $a_r = 0$ および $v_r = 0$ 、を与えて、 v_r 各値の制動プロファイルを算出した結果を、図9に示す。図9上に矢印線で示す t_d 、 t_r 、 t_r および t_r は、相対速度 $v_r = 24\text{ km/h}$ の場合の各時間長を意味し、そのときの制動レベル a_t の値は、 $a_{max}/4$ より低い値である。図9上の相対速度 v_r の各値において横軸(時間軸)方向の点々塗り潰し領域が増強時間 t_r 、その前(左側)の白空間が遅延時間 t_d 、黒塗り潰し領域が低減時間 t_r 、増強時間 t_r と低減時間 t_r の間の白空間が保持時間 t_r である。

【0087】以上に説明した実施例では、相対距離 x_r 、その目標値 x_r 、相対速度 v_r 、その目標値 v_r および相対加速度 a_r に対応して、制動レベル a_t 、遅延時間 t_d 、増強時間 t_r 、保持時間 t_r および低減時間 t_r を算出する。本発明の第2実施例では、例えば図9に示すようにそれらの算出値を予め得て、メモリ(データベース)に格納しておき、制動プロファイルの算出(前述のステップ24~41に対応する処理)では、そのときの相対距離 x_r 、その目標値 x_r 、相対速度 v_r 、その目標値 v_r および相対加速度 a_r に対応した制動プロファイルデータ(a_t 、 t_d 、 t_r 、 t_r および t_r)をデータベースか

ら読み出す。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例を示すブロック図である。

【図2】 図1に示すブレーキ制御ECU10の処理機能の概要を示すフローチャートである。

【図3】 図2に示す「車両自動制動」(6)の内容の一部を示すフローチャートである。

【図4】 図2に示す「車両自動制動」(6)の内容の残部を示すフローチャートである。

【図5】 図3に示す「 a_o を設定」(24)の内容を示すフローチャートである。

【図6】 図3に示す「 t_o を設定」(26)の内容を示すフローチャートである。

【図7】 図3および図4に示す「車両自動制動」(6)にて定められる制動プロファイルの概要を示すグラフである。

【図8】 図3および図4に示す「車両自動制動」

(6)にて、相対距離が100mの場合に、相対速度に対応して定められる目標制動レベル a_o を示すグラフである。

【図9】 図3および図4に示す自動制動アルゴリズムに、 $x_o = 53m$, $x_f = 3m$, $d = x_o - x_f = 50m$, v_o 各値, $a_o = 0$ および $v_f = 0$ 、を与えて、 v_o 各値の制動プロファイルを算出した結果を示すグラフである。

【符号の説明】

41～44：車輪速度センサ

10 45：ブレーキSW

YA：ヨーレートセンサ

θF：前輪舵角センサ

θR：後輪舵角センサ

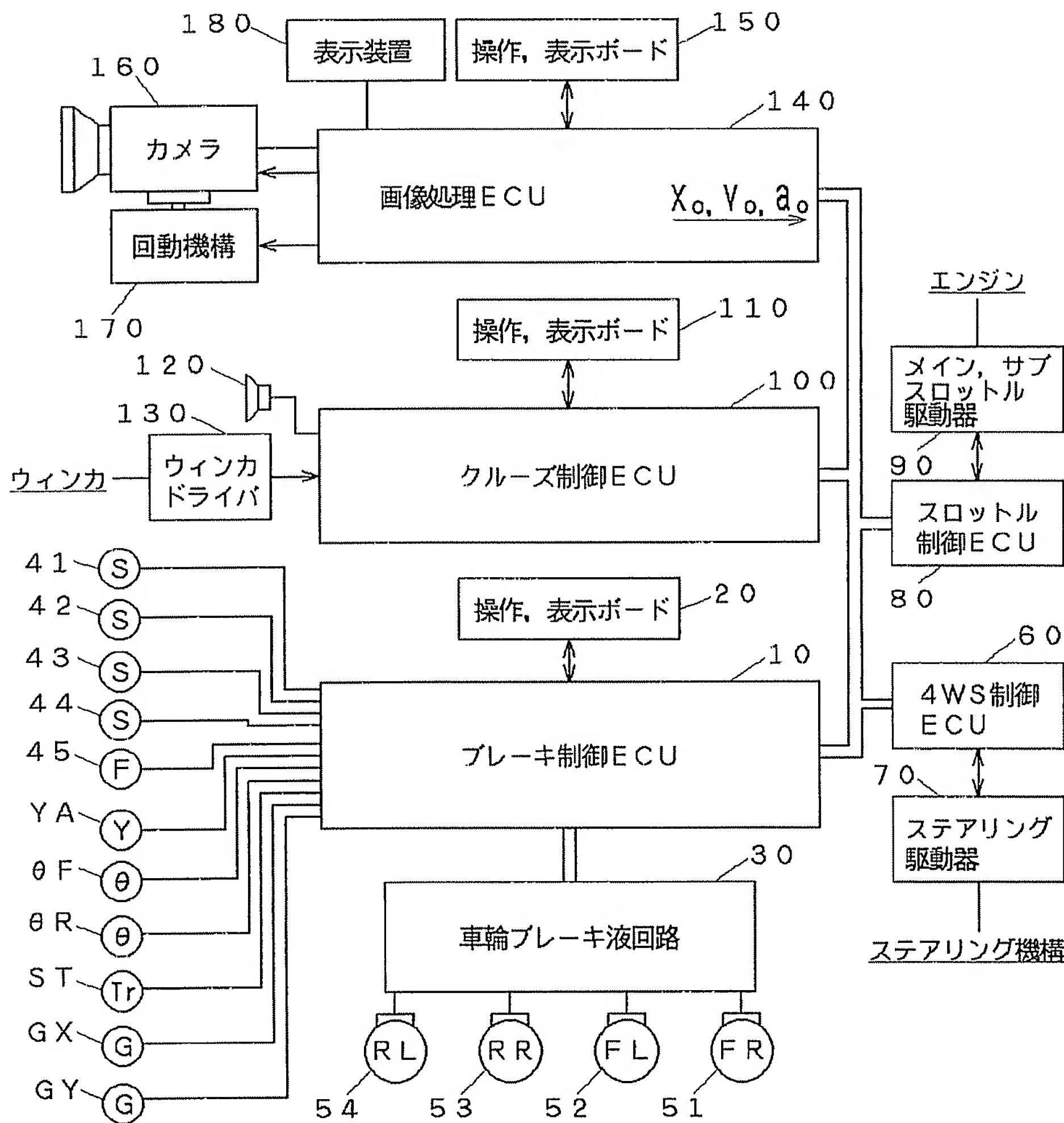
ST：前輪ステアリングトルクセンサ

GX：前後加速度センサ

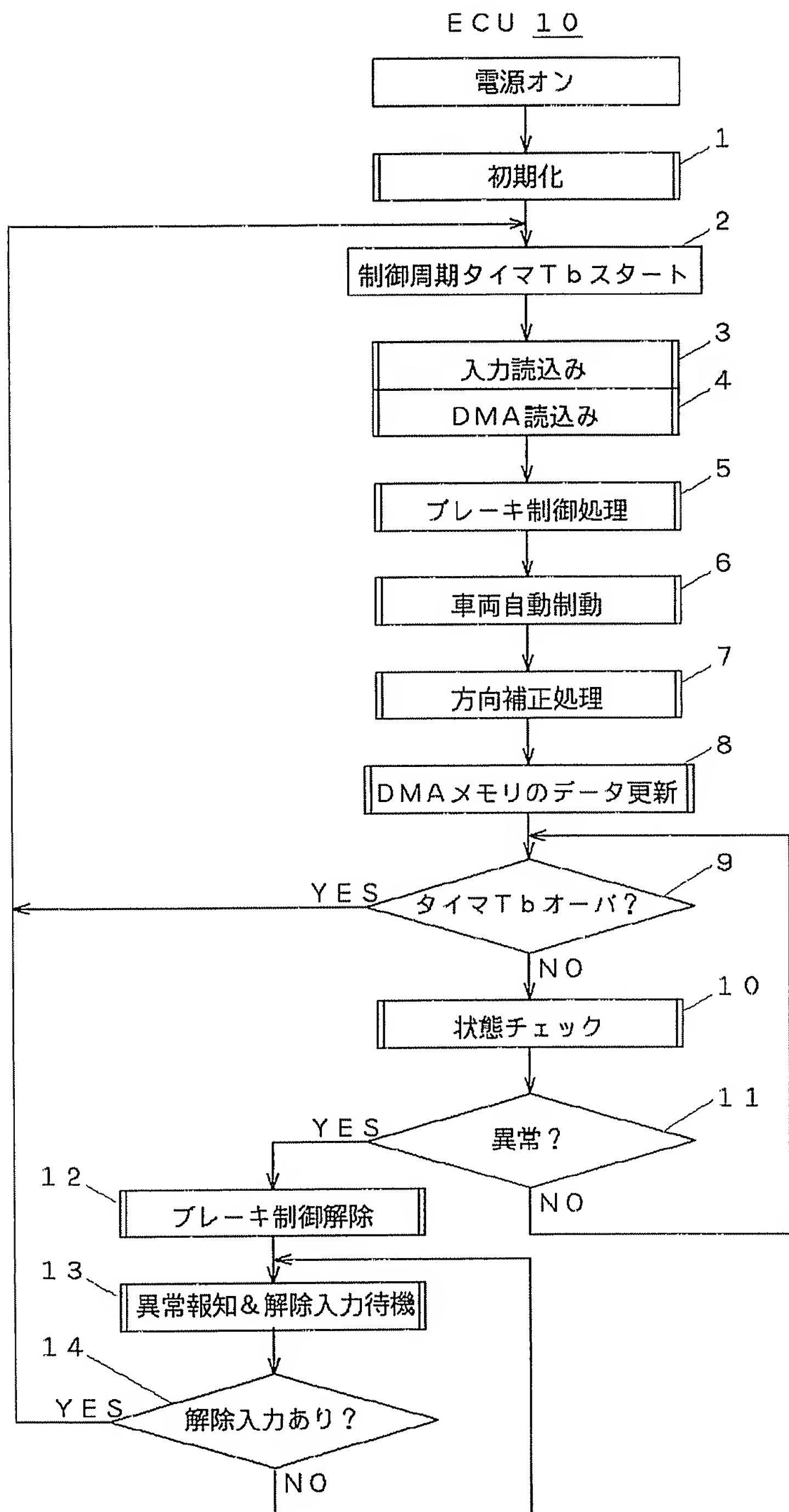
GY：横加速度センサ

51～54：車輪ブレーキ

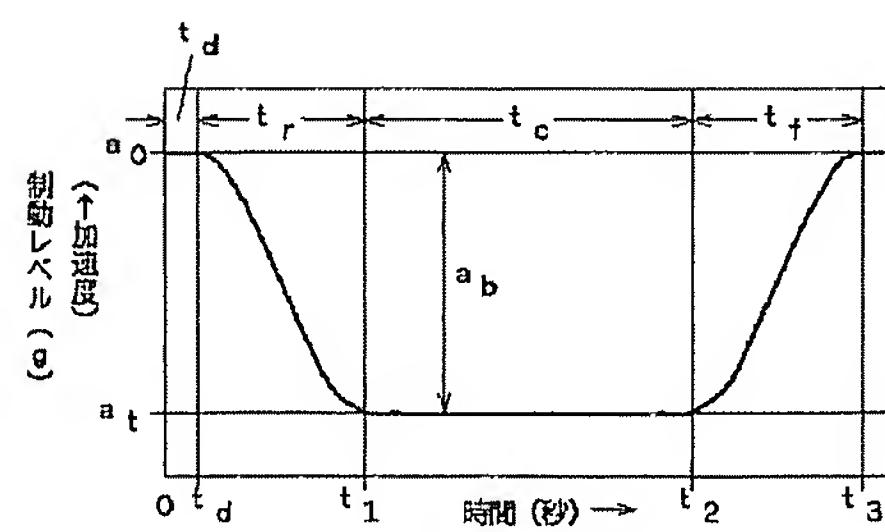
【図1】



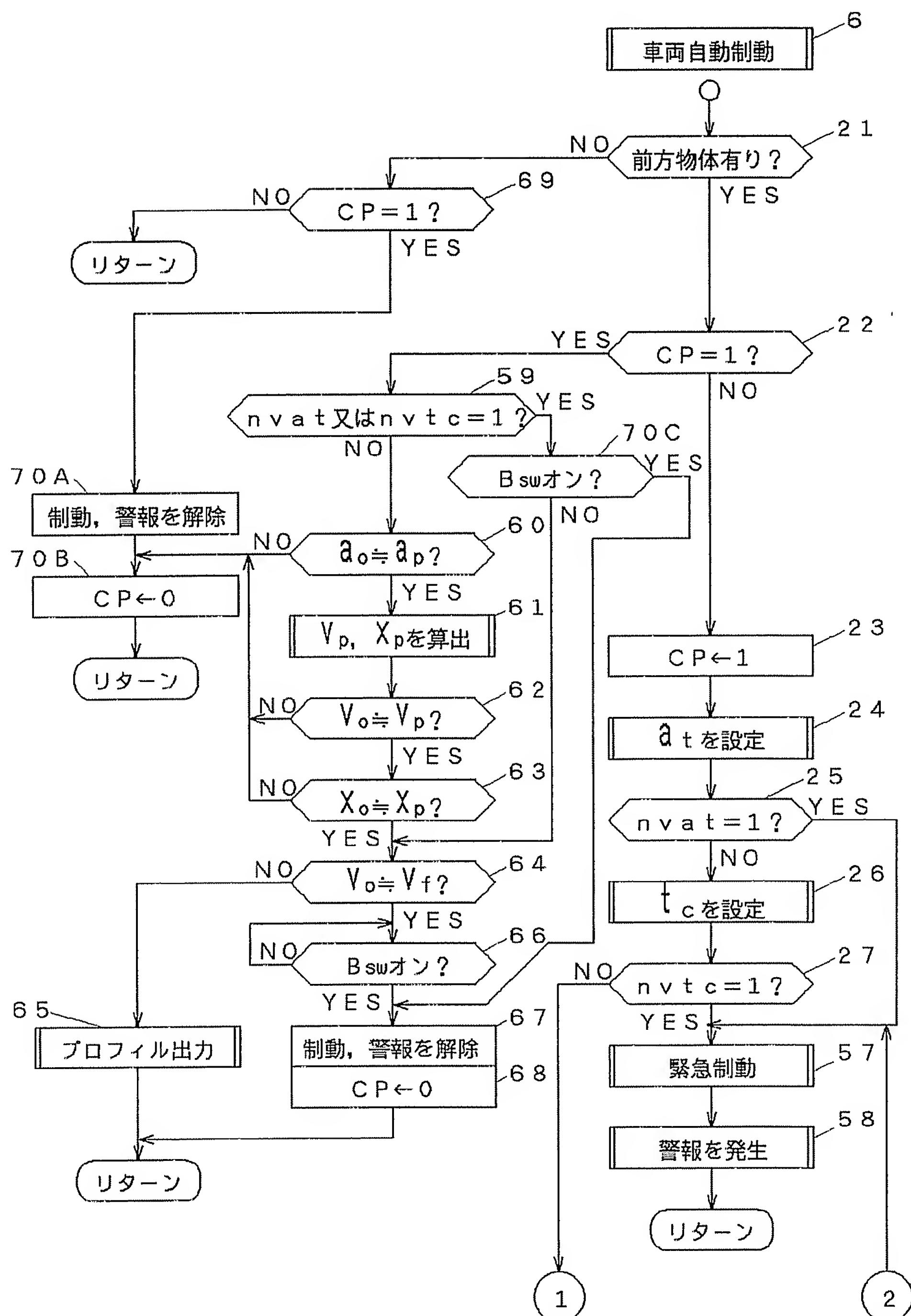
【図2】



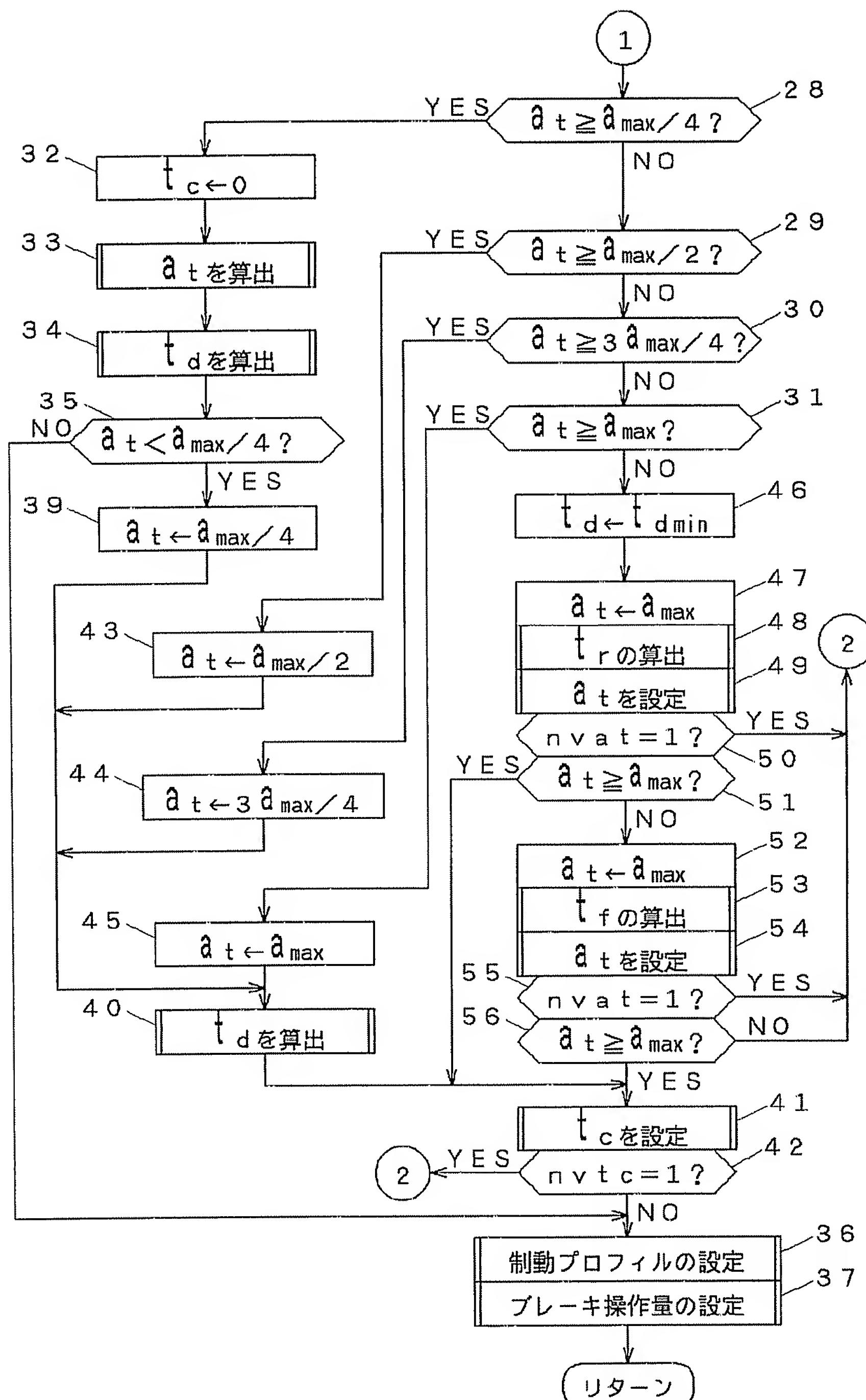
【図7】



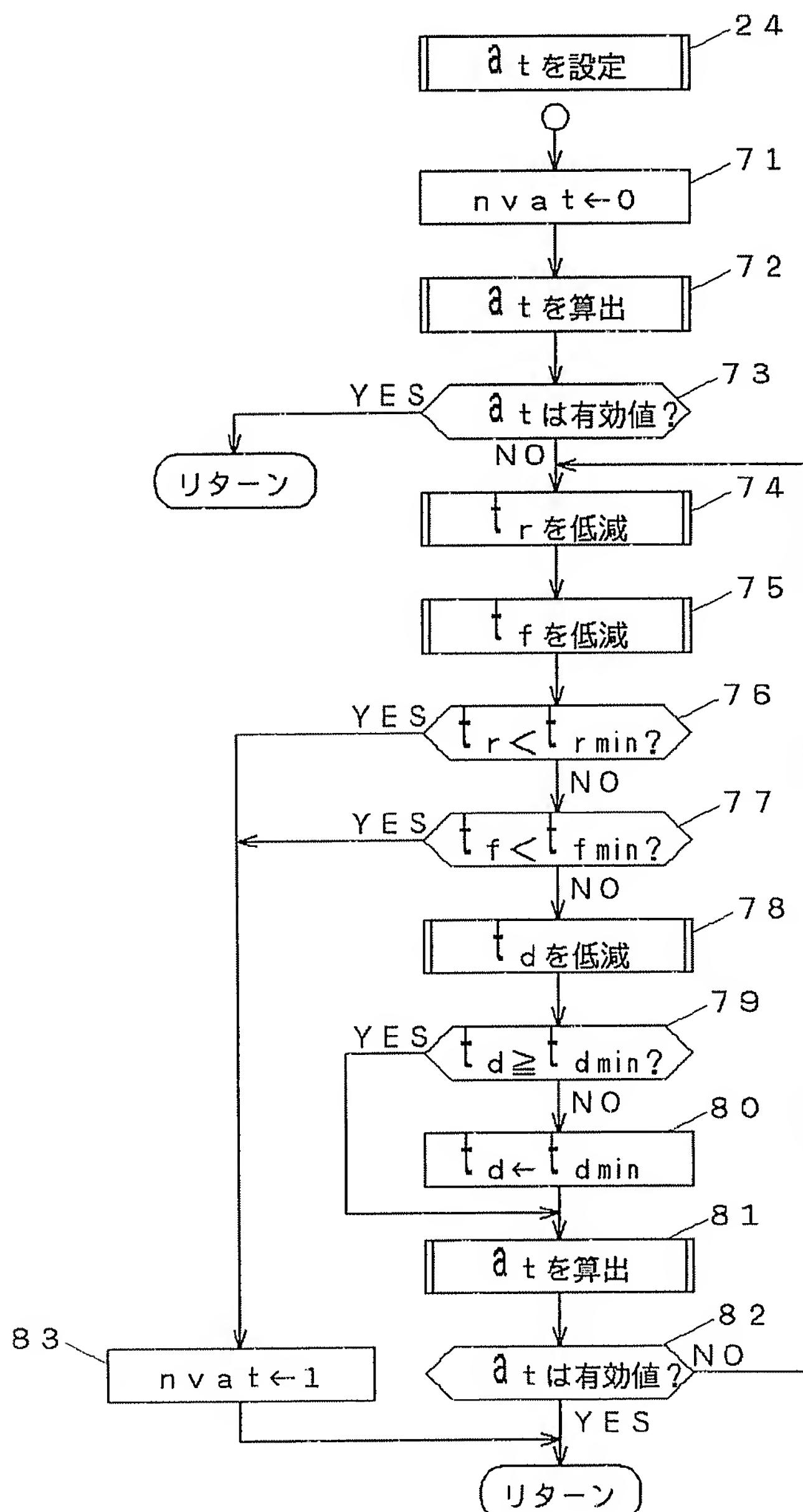
【四】



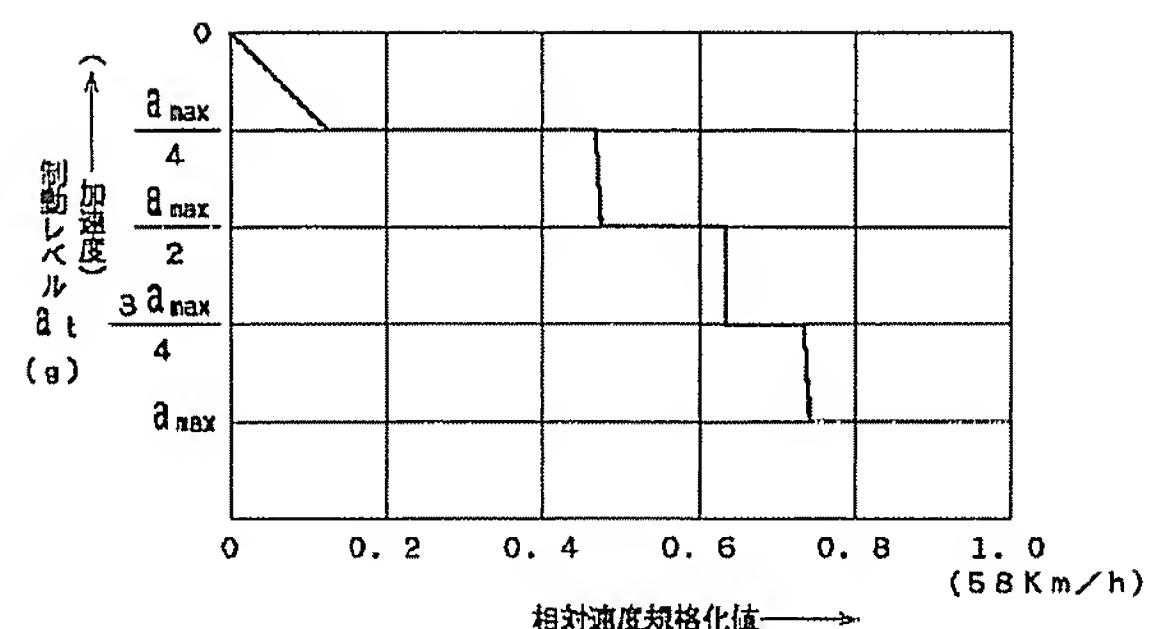
【図4】



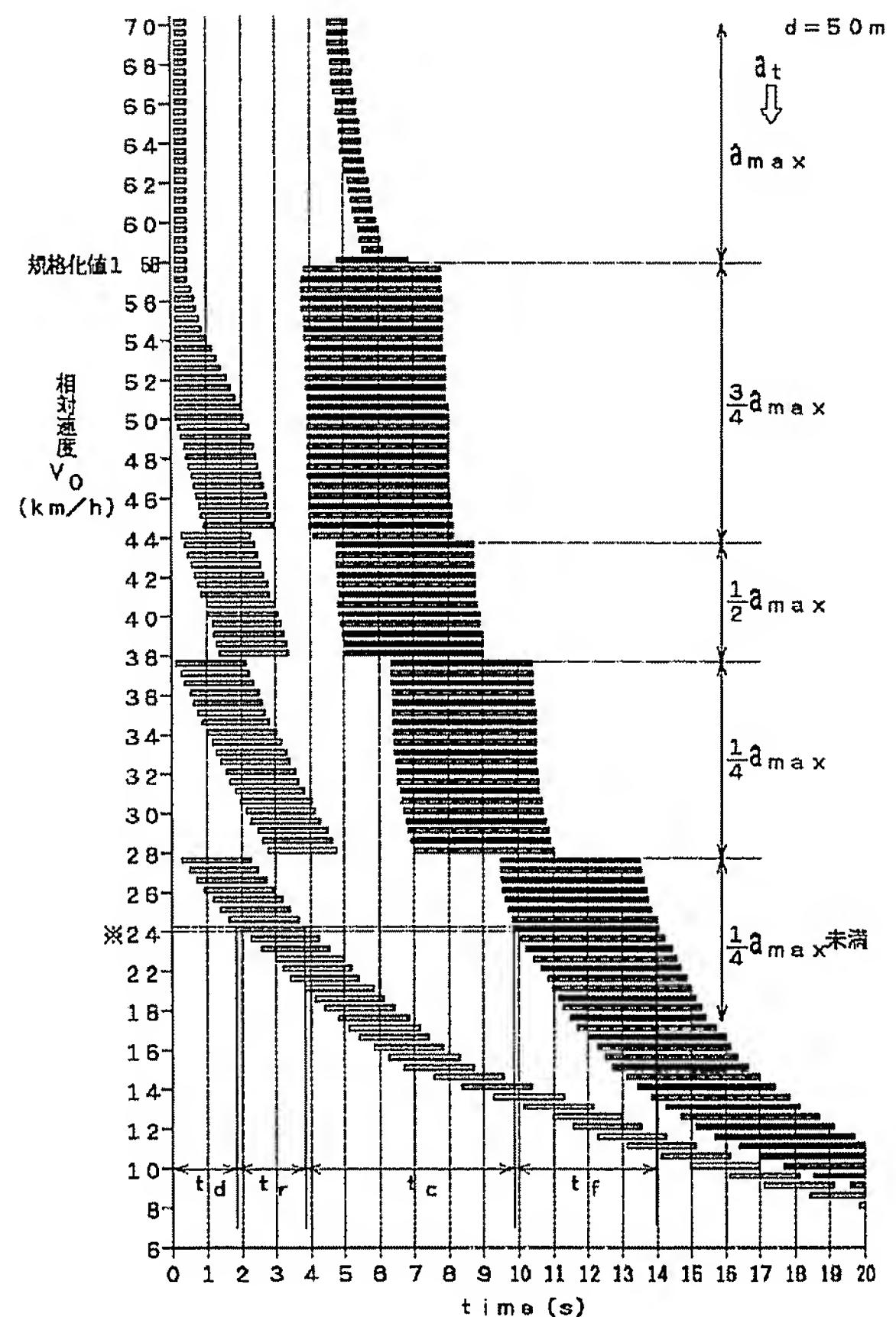
【図5】



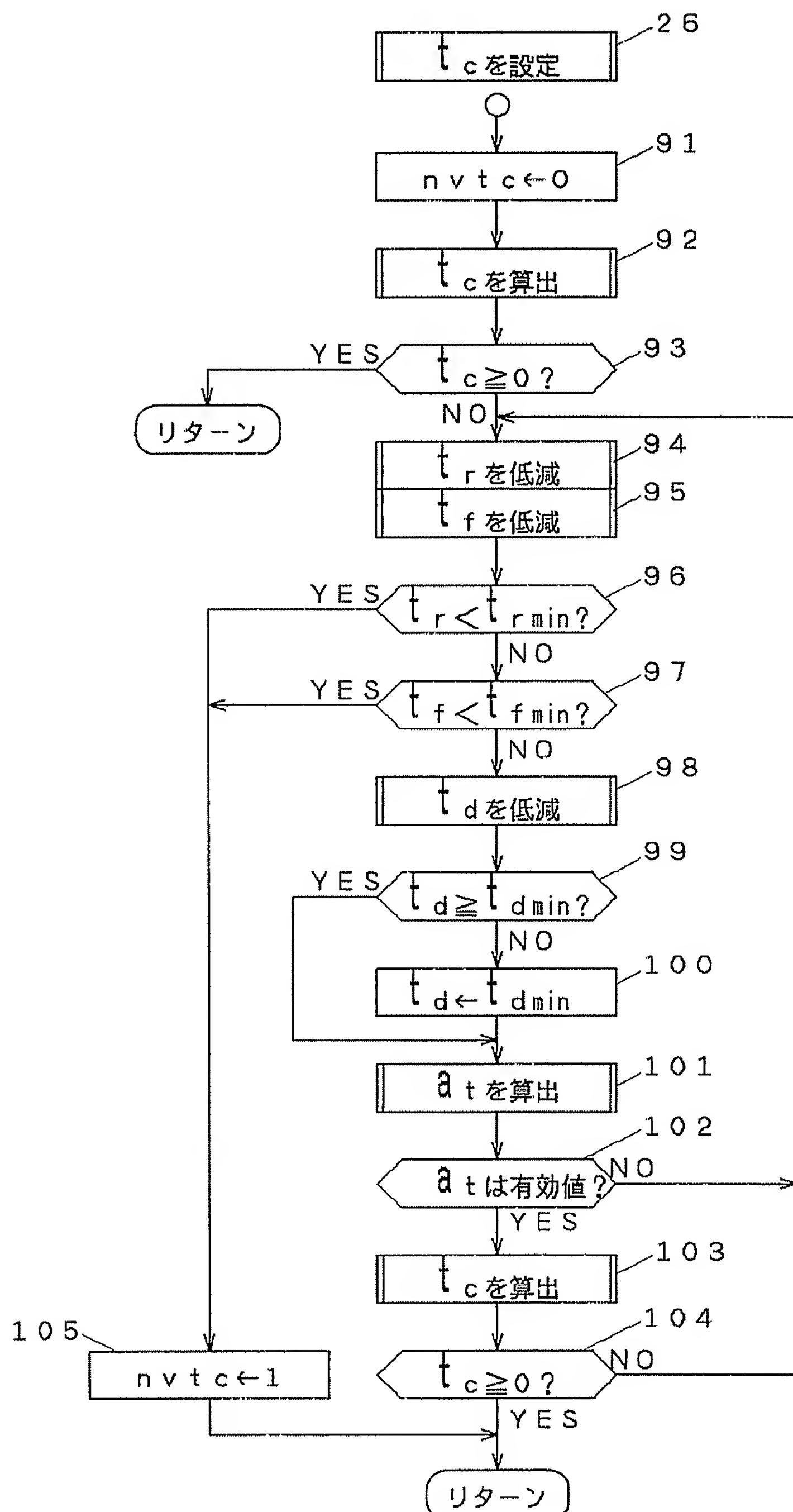
【図8】



【図9】



【図 6】



フロントページの続き

(72) 発明者 スコット アンドリュース
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内

F ターム(参考) 3D046 BB18 HH20 HH22 HH26 JJ14
 JJ19 JJ21 JJ24 KK11